

УДК 502.3:69

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАДОНА НА ЕГО РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВНУТРИ ЗДАНИЙ И ПОМЕЩЕНИЙ

к.т.н. С.А. Кургуз

Сибирский федеральный университет

Отправной точкой при написании данной статьи послужили публикации последних лет, в том числе и статья, опубликованная в 2009 г. в части № 5 Сборника материалов конференции «Молодежь и наука: начало XXI века» (стр. 205-207). Ни в коей мере не подвергая критике научную значимость и социальную направленность подобных работ, тем не менее, хотелось бы оспорить одно из положений, чаще всего априорно декларируемого при оценках тех или иных радоновых исследований.

В последние десятилетия многими авторами различных публикаций по радоновой проблематике озвучивается одно из наиболее устоявшихся (и зачастую принимаемого на веру в качестве постулата) положение о преимущественно неравномерном распределении радона по высоте помещений в зданиях. Даже выводы подобных работ и пояснения для населения по конкретным рекомендациям, связанных с проведением противорадоновых защитных мероприятий, основываются ошибочным, на наш взгляд, утверждением о том, что радон обычно, как наиболее тяжелая субстанция (чем воздух) должен скапливаться внизу помещений. Типичным примером является в частности один из выводов автора Т.В. Карро в статье «Методы снижения содержания радона в воздухе помещений», опубликованной в 2009 г. в Сборнике материалов конференции «Молодежь и наука: начало XXI века».

Действительно, поскольку газ радон (обычно рассматривается радон-222) практически в 8 раз тяжелее воздуха, то, следуя логике вещей, он действительно в силу отличий своих физических свойств «обязан» вести себя в воздушной среде аналогично железным опилкам (или ртути) в стакане с водой, т.е. сразу опускаться на дно сосуда по окончании какого-либо динамического воздействия и оставаться там сколь угодно долго. Но многолетняя практика радоновых исследований в лабораторных и реальных условиях зданий и помещений подобной аналогии не подтверждает, а зачастую и опровергает.

Например, если в герметичной емкости (высота значительно больше диаметра основания) создать условия, при которых будут сведены к минимуму внешние температурные и динамические (в том числе и звуковые) воздействия, то спустя некоторое время и в этом случае кардинального различия активностей радона сверху и внизу не наблюдается.

На рис. 1 приведены результаты одного из подобных экспериментов, проводившегося с целью изучения степени влияния физических свойств радона, как тяжёлого газа, на распределение радона по высоте замкнутого пространства. В герметичном контейнере объёмом 200 л и высотой около 1 м на разных уровнях размещались два прибора. Через шланг (диаметр – 4 мм), предусматривающий нижний подвод газа в контейнер, постепенно шприцом (медленно) закачивали порцию воздушной смеси с радон-222 объёмом 100 мл и активностью 1550 кБк/м³. В качестве средств измерений применялись два однотипных многопараметрических радоновых монитор-дозиметров «AlphaGUARD PQ 2000» производства фирмы «Genitron Instruments GmbH» (Германия), обеспечивающих непрерывную регистрацию и хранение значений объемной активности радона, а также сопутствующие данные различных параметров среды внутри

контейнера (температура, влажность, давление, динамическое воздействие и пр.). Оба прибора были метрологически поверены в качестве эталонных средств измерений.

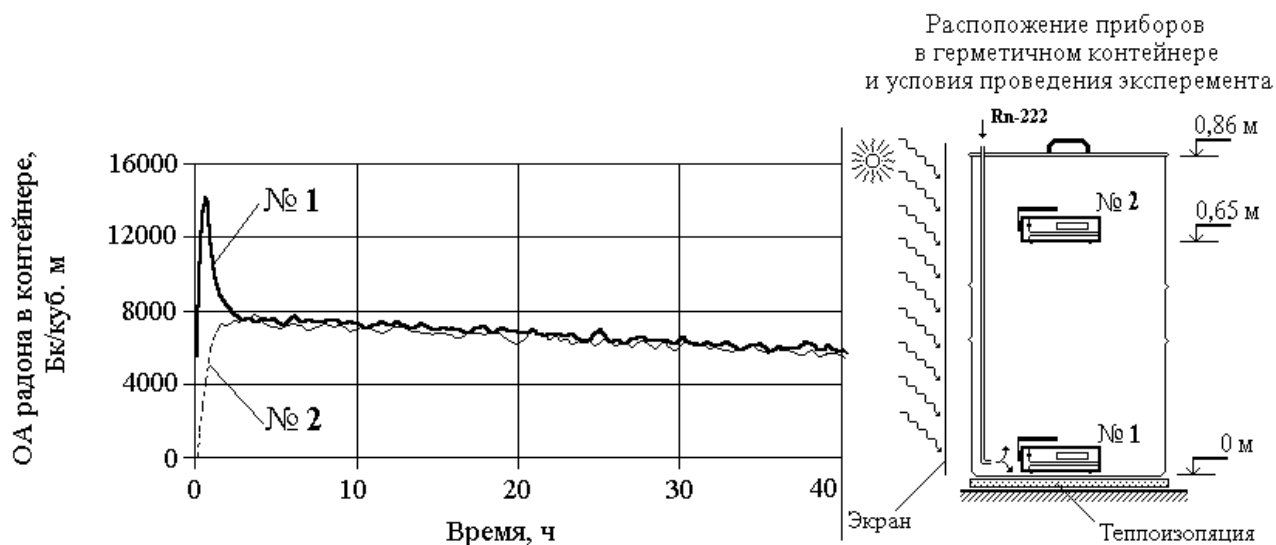


Рис. 1. Оценка степени влияния физических свойств радона на его распределение по высоте замкнутого объёма

По характеру кривых на рис. 1, соответствующих показаниям двух одновременно включенных приборов, видно, что выравнивание уровней (или объемной активности радона, ОА) по высоте контейнера происходило в течение не менее 3 часов после начала эксперимента. В течение последующих 40 часов характер обеих кривых определялся лишь законом радиоактивного распада. Разница уровней радона в контейнере по его высоте составила менее 1 %. Эксперимент также проходил без принудительного вентилирования внутри контейнера.

Причиной подобного поведения радона, по-видимому, является наличие реактивной составляющей при диффузионном распределении газа в среде из-за энергий атомов отдачи. При радиоактивном распаде материнского атома радона образуются альфа-частица (ядро атома гелия-4) и атом дочернего продукта распада, векторы движения и знаки электрического заряда, которых противоположны друг другу. Сталкиваясь с атомами и молекулами газовой среды воздуха (оказывая на них механическое и электрическое воздействия) атомы отдачи (по аналогии с бильярдными шарами) способствуют значительному увеличению подвижности всего объема газовой среды. Таким образом, возникающая «подвижность» радоновой среды способна эффективно препятствовать ее гравитационному разделению. Подобное объяснение аномальной «подвижности» газовой радоновой среды хорошо согласуется, например, с результатами диффузионных испытаний различных пористых и твердых материалов, а также объясняет низкую эффективность традиционных покрытий (1-3 слоя масляной краски, 1-2 слоя обоев и пр.) препятствовать прохождению радона.

Инструментальные измерения, неоднократно выполнявшихся в реальных условиях при помощи двух и более одновременно включенных приборов «AlphaGUARD RQ2000», устанавливаемых на разной высоте в не отапливаемых и закрытых помещениях, также не подтверждают сколько-нибудь значимого распределения уровней радона. В прочих случаях, несомненно, характер высотного распределения уровней радона

может быть самым различным: от максимальных его значений – внизу помещения, до (опять же) максимальных – вверх. На рис. 2 показаны примеры распределения уровней радона по высоте помещения. Примечательно, что данные были получены для одного и того же помещения, но в разное время.

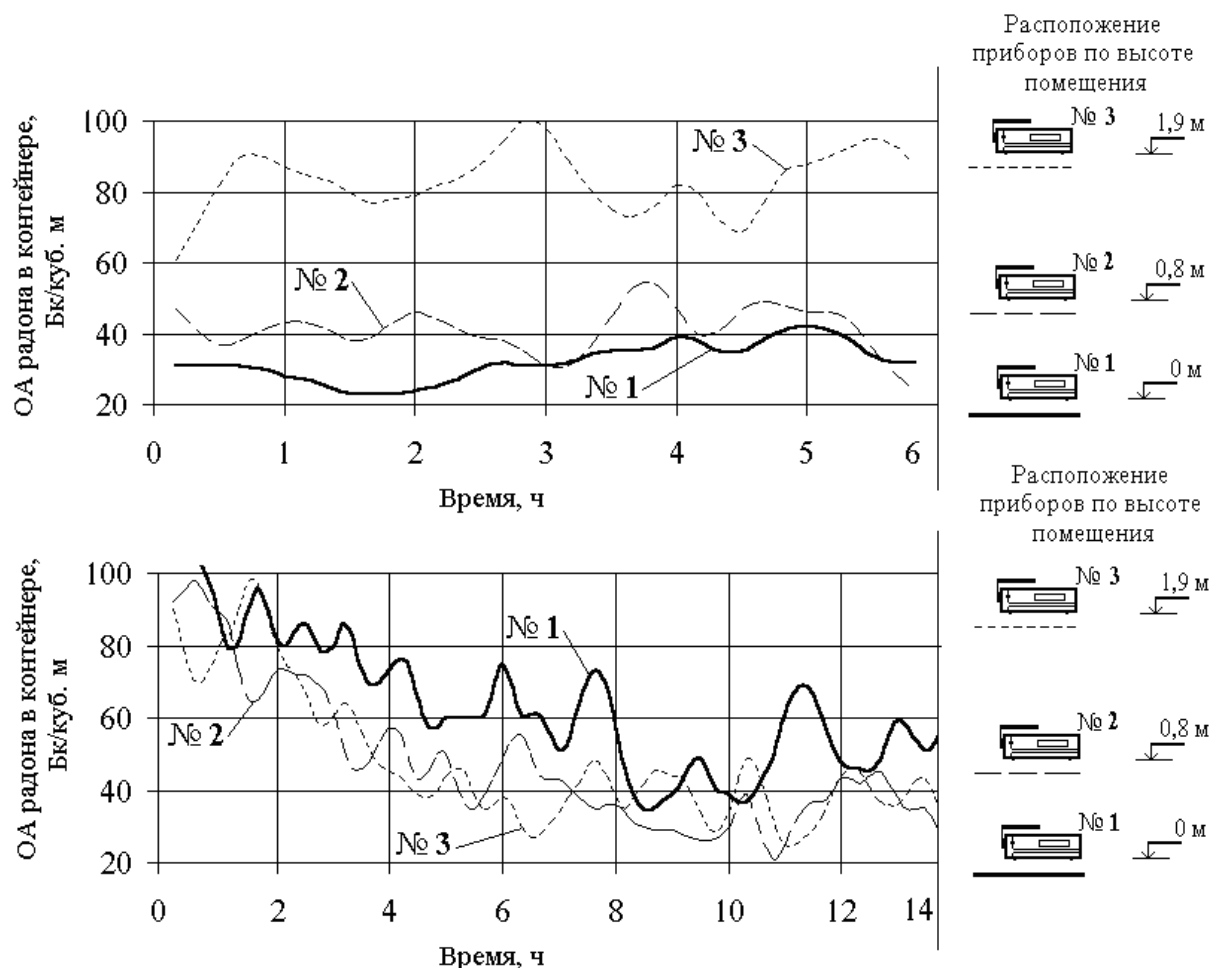


Рис. 2. Примеры пространственного распределения уровней радона в воздухе по высоте помещения.

Очевидно, что в этих случаях характер высотного распределения определяется не столько свойствами радона, как тяжелого газа, сколько иными факторами (или их совокупностью), которые создают индивидуальные климатические особенности в каждом помещении. Такими факторами, помимо присутствия человека, являются: расположение окон, конструктивные особенности помещения, наличие и режим работы отопительных и влажностных приборов, наличие и расположение точек проникновения радона и вентиляционных отверстий, создаваемое разряжение вытяжной вентиляционной системой в здании – т.е. факторы, определяющие возникновение и направленность кратковременной или постоянной циркуляции потоков воздуха внутри помещений, а также их разницы по высоте. Учитывая «подвижность» радоновой среды и наличие слабых потоков воздуха, радон достаточно легко может перемещаться внутри зданий и попадать на верхние этажи.

За многие годы также устоялось мнение, что наибольшей радоновой опасности подвержены подвальные и первые этажи зданий и сооружений. Действительно, основная радоновая опасность обусловлена поступлением радона из грунтового основания здания. Чем ближе помещения находятся к источнику поступления радона (т.е. к грунтовому основанию), тем больше вероятность обнаружения его высокой активности в воздухе помещений. Соответственно, чем выше этаж, тем ниже должны быть активности радона в помещениях. Теоретически на верхних этажах уровни радона должны определяться лишь радоновыделением из ограждающих строительных конструкций и отделочных материалов. Однако, при обследовании высотных зданий (до 10 этажей и выше) на верхних этажах неоднократно наблюдаются уровни радона, которые, как правило, существенно выше, чем на промежуточных этажах. На рис. 3 показан наиболее часто встречающийся пример поэтажного распределения уровней радона в высотных зданиях г. Красноярска.

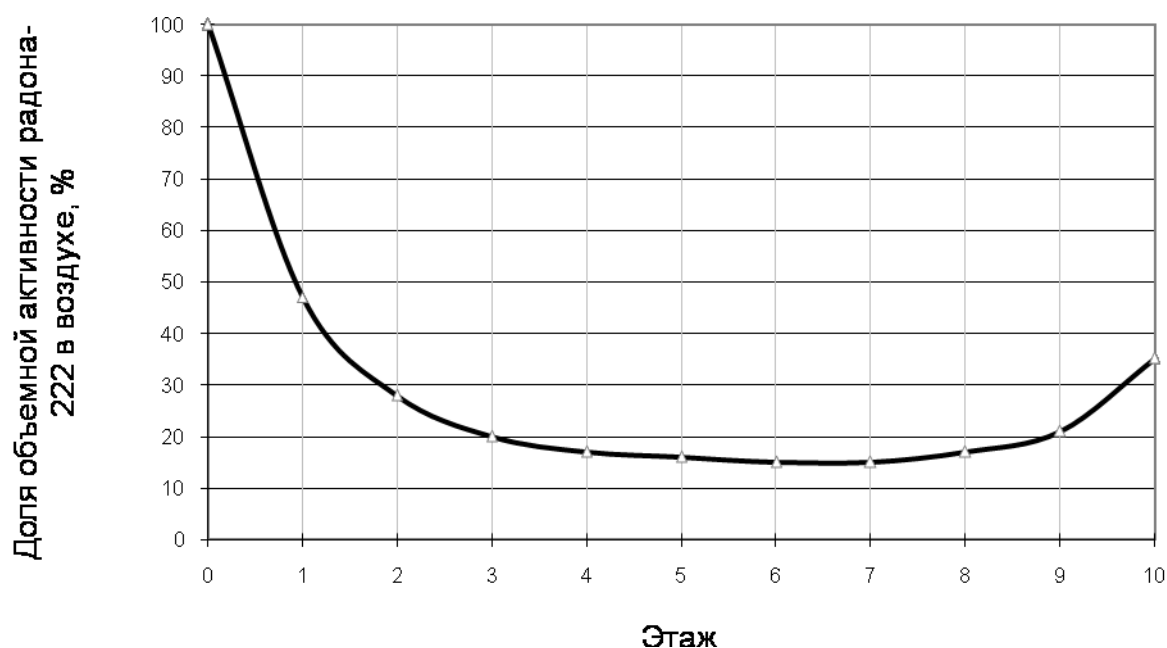


Рис. 3. Поэтажное распределение уровней радона в высотном здании

До сих пор считается, что подобное может быть обусловлено применением в качестве теплоизоляционной засыпки для чердачных помещений шлака или керамзита, которые имеют повышенное содержание материнского радия-226, в результате радиоактивного распада которого образуется радон-222. Поэтому, якобы, и происходит накопление радона в непроветриваемом чердачном пространстве и в воздухе верхних этажей. Однако, регистрируемые уровни радона на верхних этажах зачастую оказываются существенно выше, чем расчетные и фактические данные по способности к радоновыделению у всего рассматриваемого объема подобных засыпок, присутствующего на крыше здания. Более того, динамика изменений уровней радона на верхних этажах хорошо согласуется лишь с изменениями радоновой обстановки на нижних этажах и в подвале зданий, что и позволяет говорить о миграции (или переносе) радона в зданиях по высоте.

Действительно, любое многоэтажное здание можно рассматривать как своеобразную модель «дымовой» (или печной) трубы, в которой по лестничным площадкам, лифтовым шахтам, мусоропроводам и по вентиляционной системе постоянно движется вверх теплый воздух от нижних этажей к верхним. Подъемная сила теплого воздуха приводит к некоторому разряжению в нижней части зданий и небольшому избыточному давлению на его верхнем уровне. Кроме разности температур, другой причиной увеличения поступления почвенного радона с воздухом может быть ветровая нагрузка.

Таким образом, можно констатировать, что физические свойства радона, как тяжелого газа, не оказывают сколько-нибудь заметного влияния на его распределение по высоте помещений и зданий. Более того, его физические особенности как радиоактивного (ионизирующего) газа обуславливают аномальную «подвижность» радоновой среды, что препятствует ее гравитационному разделению.

С авторами работ, где утверждается обратное можно согласиться лишь в том, что противорадоновые устройства защиты будут тем эффективны, чем ближе они будут располагаться к источнику поступления в здание, т.е. к его грунтовому основанию. Но это ни в коей мере не может объясняться тем, что *«..радон является газом тяжелее воздуха и концентрируется внизу помещения»*. Вследствие этого и прочие априорные утверждения об относительной радоновой безопасности верхних этажей зданий, в силу своей категоричности, противоречат фактическим наблюдениям.